柑桔土壤肥力檢測及營養診斷技術

卓家榮
行政院農業委員會臺南區農業改良場

前 言

作物營養缺乏是一種相當普遍的現象,發生的原因可能由於環境因素、施肥管理、栽培方法或植物對養分需求之變化。當植物體內養分下降到某一程度時,新陳代謝受到影響而產生特定之症狀,可作為診斷的依據。但症狀之發生常因作物之種類、元素間之相互作用、環境污染以及病蟲害感染等有時會有混淆不清之現象,因此,缺乏症狀不宜單獨作為營養失調診斷之準則。若配合土壤或植體速測,則可達到快速正確之效果,即時加以補救。

當作物體內某一要素之濃度減少至適宜生長需求之下時,則發生此要素的缺乏,缺乏的發生可以由於土壤養分供應不足,或由於某項元素以不能利用之化學形態存在,或者由於其他元素濃度過高而影響此一元素之吸收,即所謂之拮抗作用(antagonism)。

直到本世紀初期,作物氮、磷、鉀等大量元素之缺乏才被察覺辨認。補救措施也僅限於這些元素之供應,因為要素施用之不平衡,易引起了微量要素缺乏之發生。根據 Berger(1962)之調查,全美果樹發生缺硼者有 21 州、缺鎂者有 11 州、缺銅則有 3 州而缺錳有 9 州,可見微量元素缺乏情況也是相當的普遍。台灣地區,果樹之生理障礙亦為相當普遍之問題。這些生理障礙雖因果樹種類不同而稍有差異,但對樹勢、果實產量品質均有影響。缺鎂為酸性土壤之普遍問題,而淋洗愈厲害,pH 值愈低之砂質土壤較嚴重。錳和鐵之缺乏主要發生於石灰質較高之中性至微鹼性粘板岩沖積上,有時候則錳鋅同時缺乏而發生嚴重黃化現象,缺鉀生理障礙易發生在酸性土,同時易發生錳過高引起之缺銅症等。一般常發生之果樹種類及症狀包括柑桔缺鎂、缺鋅、缺鐵,梨缺硼、缺鐵及缺鉀,葡萄缺硼及缺鎂、缺鉀及芒果果實缺鈣及柑桔、印度棗缺硼等症狀,對果樹之生長及果實品質影響甚大。

作物所需大量營養元素與微量營養元素

各種必需元素在植物體內的含量相差很大，早期根據植物體內含量的多少而將其分為大量營養元素和微量營養元素。而大量營養元素一般佔乾重的 0.1%，它們是碳、氫、氧、氮、磷、鉀、鈣、鎂和硫九種；微量營養元素的含量一般在 0.1%以下，有的只含 0.1mg/kg，它們是鐵、硼、錳、銅、鋅、鉬和氯七種。從生理學的觀點來看上述之劃分是欠妥的，因為植物各器官中營養元素的含量並不能完成反映植物對這些養分的實際需要量，尤其是一些非必需營養元素常常是被動吸入植物體的。

作物在正常情形下，自土壤中吸收營養分，緩慢生長時，對營養分吸收之速度不會快於土壤經一般分解過程放出營養分之速度，但植物在最適或較適環境下，生長速度加快，吸收養分之速度隨著加快，因此土壤自然分解放出之營養分不足供應植物生長所需，必須由外提供肥料(有機肥料或無機肥料)補充加快生長所需不足的部份。並研究施肥之最有效效果，使所有肥料得到最大經濟效益。若增加大量施用肥料營養分，吸收量與收量增加到某一限度後，就不再增加，未被植物吸收之營養分殘留土壤中的量增多，成為揮散或溶脫的來源，不但減低肥料施用之經濟效益且成為環境污染之始源。

作物吸收營養分之多寡，影響作物生長及營養障礙之出現。二次大戰後肥料養分極為缺乏，農田施肥大部分不足。但由於近年台灣肥料價格便宜，化肥肥效快速，加上農村勞力不足，工資價昂，為節省施肥工資，多量少次的表面施肥目前在農村頗為流行。這種施肥，不但減低單位肥料之增產效率，並且會浪費肥料用量，以致單位面積之施肥量偏高，對台灣缺少之肥料資源形成更為不足，同時並會污染台灣之生態環境，導致水質與土壤性質之劣化，甚者引起作物營養分過多之害。為維護農田地力及生態環境，節約肥料資源，減少肥料支出，增加農民收入，提高產量與品質，積極推動合理化施肥才能不發生作物營養分異常症，成為一件很重要的工作。

過去有關營養問題，由於肥料資源之缺乏，討論的都是營養要素缺乏的問題，現在肥料資源豐富，加上肥料價格相對較便宜，因此肥料施用過多，引起營養要素過剩問題亦增加，所以把綜合營養要素缺乏與過

剩，合稱為作物營養要素障礙。

作物根部對土壤中營養要素的吸收過程

土壤中可被吸收之礦物元素，一種是溶解於土壤溶液中之鹽離子，另一種是吸附在土壤膠體表面上的非溶解性的鹽離子。

一、對土壤溶液中離子的吸收

植物吸收礦物元素是根細胞進行呼吸作用所產生的 H^+和 HCO_3^-(或 OH^-)離子與土壤中陰、陽離子進行交換吸附(圖 1.3)，這種離子交換吸附並不需要代謝能的。

二、根部對土壤膠體上離子之吸收

其吸收方式有兩種，一為吸附在土壤膠體上的離子，根部通過土壤溶液作為媒介，而進行離子交換(圖 1.4)，另一為根部表面的離子與土壤膠體表面的離子，直接進行交換(圖 1.5)。

三、根部對難溶解礦物質的利用

植物根部呼吸作用時釋出之 CO_2 可和水作用形成碳酸，根部亦可分泌檸檬酸和蘋果酸等，都能溶解難溶性的礦物質為根系所吸收。例如豆科植物之根系可分泌具溶解岩石之能力，可直接利用難溶解性的磷礦粉。

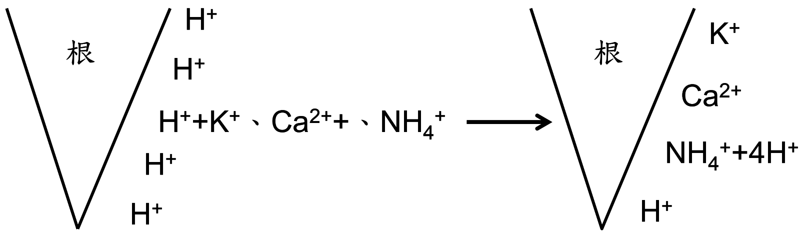

圖 1.3 根外 H+離子和土壤溶液中陽離子的離子交換

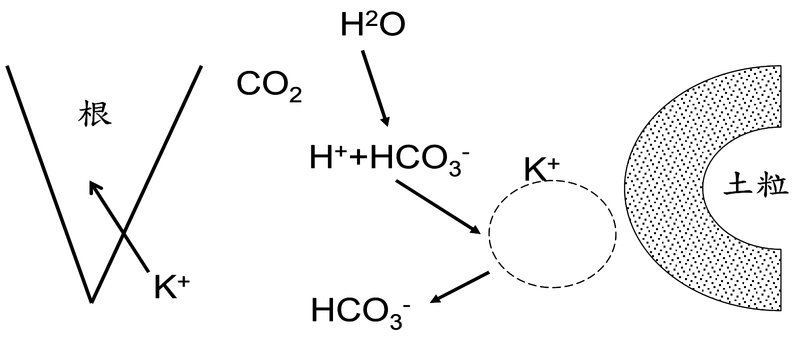

圖 1.4 植物根部經由土壤溶液和土壤膠粒進行離子交換

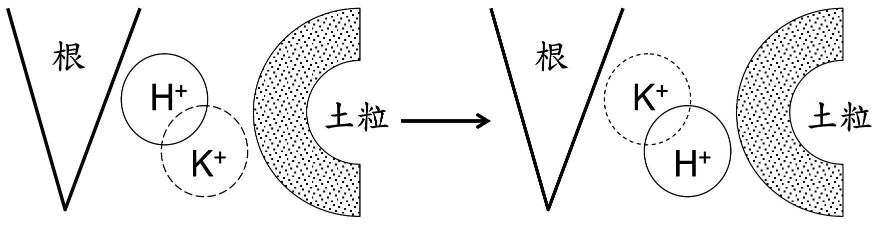

圖 1.5 接觸交換示意圖

土壤 pH 值對礦物元素有效性的影響

當土壤之 pH 為 5 至 8 時，對大多數植物之生長均極適合，但在一般情況下，土壤中陽離子之吸收則隨 pH 值之增加而上升，陰離子之吸收則隨 pH 值之增加而下降。土壤 pH 值對植物吸收礦物營養，雖然有直接影響，但卻沒有間接影響的大，例如於鹼性環境情況下，Fe^{2+}、Cu^{2+}、Mg^{2+}、Ca^{2+}、Zn^{2+}及及 PO_4^{3-}等都易形成可溶性化合物，而難以被植物利用，因而減少了植物對這些離子的吸收。而在酸性條件下，K^+、Ca^{2+}、Mg^{2+}及 PO_4^{3-}等極易被溶解，常導致被雨水淋洗流失而缺乏或不足，Mg^{2+}與 Al^{3+}因溶解度過大而造成傷害。

在 pH 值低時，土壤內之鹽類，例如碳酸鹽、硫酸鹽及磷酸鹽更易溶解，使植物根部更易吸收。而降雨量和土壤內有機物質之分解，是使

土壤 pH 值降低的主要因素。微生物對有機物質的分解作用也可產生氨和二氧化硫，它們在土壤內氧化後亦形成強酸。在乾燥地區，鹽石風化而釋放出礦物元素，促使土壤內之 pH 值增高。pH 值對土壤內營養元素之可利用性影響如圖 1.6。

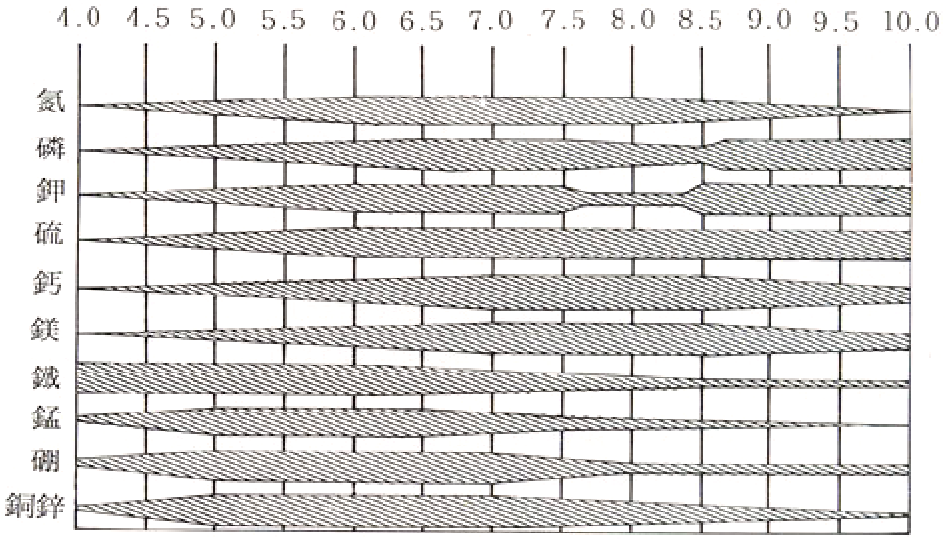

圖 1.6 有機土壤內，土壤酸鹼度對礦物營養元素有效性的影響。
陰影面積的寬度表示營養元素對植物根部有效性的程度
（根據 Lucas 等，1961）。

而當某一必需元素嚴重缺乏時，作物表現為生長緩慢，產量低。逐漸增加這種元素的含量時，作物的生長或產量會相應的逐漸增長，甚至達到一個這種元素對這種作物最高的產量。但如進一步提高這種元素的含量時，產量卻不再增加，這種元素已經過剩，若繼續增加這種元素，將導致作物產量下降，這時，過多的元素對作物已開始產生毒害。這種不再引起增產時的元素含量，稱為該元素的臨界濃度。元素的臨界濃度是保證作物高產而不浪費肥料的最適含量，故可作為肥料的主要依據。不同作物，同一作物不同生育期和不同元素的臨界濃度各不相同，要根據大量試驗，找出它們的臨界濃度，以便於指導施肥工作。在達到最高產之前，隨著礦物元素供應量的增加，作物的生長率和產量以報酬遞減的形式增加。

營養元素與作物品質的關係

一、氮肥與品質的關係 1

植物體內與品質有關的含氮化合物有蛋白質，必需氨基酸，醯胺和環氮化合物(包括葉綠素 A、維生素 B 和生物鹼)，NO_3^-、NO_2^-等。

蛋白質是農產品的重要質量指標。增施氮肥能提高農產品中蛋白質的含量，種子中蛋白質的累積是營養器官中氮化物重新利用的結果。後期根外追施尿素或 NH_4NO_3 對提高種子蛋白質含量有明顯的作用，而且尿素的作用優於 NH_4NO_3。因為尿素既能供給氮素，又是一種生理活性物質，所以，根外追施尿素可以促進光合作用，提高蛋白酶的活性，有利於促進葉片蛋白質的分解和含氮物質向穗部轉移。

人體必需的氨基酸有纈氨酸，蘇氨酸、苯丙氨酸、亮氨酸、色氨酸、異亮氨酸和賴氨酸，其含量也是農產品的主要品質指標。這些氨基酸是人和動物體本身無法合成的，只有由植物產品提供。適當供氮能明顯提高產品中必需氨基酸含量，而過量施氮時，必需氨基酸的含量卻反而會減少。人和動物如果缺乏必需氨基酸，就會產生一系列代謝障礙，並導致疾病。

經由施肥能夠提高蛋白質的含量，但不能影響蛋白質的組成，這是因為蛋白質組成主要受遺傳基因控制的緣故。但施氮也能改變植株的有些營養成分，例如：常供氮不足到適量時，植株中胡蘿蔔素和葉綠素含量隨施氮量的增加而增加；供氮稍過量時，穀粒中維生素 B 含量增加，而維生素 C 含量卻會減少。

產品中的 NO_3^-和 NO_2^-含量是近年來引人注意的主要品質指標。人體內 NO_2^-過量能導致高鐵血紅蛋白症，引起血液輸氧能力下降。NO_2^-鹽還可與次級胺結合，轉化形成一類具有致癌作用的亞硝胺類化合物。氮肥施用量過大是造成葉菜類植物體 NO_3^-鹽含量大幅度增加的主要原因。

二、磷肥與品質的關係

與植物產品品質有關的磷化物有無基磷酸鹽、磷酸脂、植酸、磷蛋白和核蛋白等。增施磷肥對作物品質有如下作用：

(1)提高產品中的總磷量：飼料中含磷(P)量達 0.17%~0.25%時才能滿足動物的需要，含磷量不足會降低母牛的繁殖力。

(2)增加作物綠色部分的粗蛋白質含量：磷能促進葉片中蛋白質的合成，抑制葉片中含氮化合物向穗部的輸送，磷還能促進植物生長，提高產量，而對氮產生稀釋效應。

(3)促進蔗糖、澱粉和脂肪的合成：磷能提高蛋白質合成速率，而提高蔗糖和澱粉合成速率的作用更大；作物缺磷時，澱粉和蔗糖含量相對降低。

(4)使蔬菜上市表現，果實大小、耐貯運、味道特性都有所改善，磷肥還能提高果實的含糖量，改善其酸度，使上市的果實更鮮美、漂亮，提高商品價值。

三、鉀肥與品質的關係

(1)改善禾穀類作物產品的品質，不但可增加禾穀類作物籽粒中蛋白質的含量，而且還可提高大麥籽粒中的胱氨酸、蛋氨酸、酪氨酸和色氨酸等人體必需氨基酸的含量。

(2)促進豆科作物根系生長，使根瘤數增多、固氮作用增強，而提高種子中蛋白質含量。

(3)有利於蔗糖、澱粉和脂肪的累積，在甜菜上施用鉀肥可提高含糖量，減少染質含量；在大麥上施鉀可提高籽粒中澱粉和可溶性糖的含量。

四、鈣、鎂、硫與品質的關係

(1)鈣：鈣既是細胞膜的組成份，又是果膠質的組成份。因此，施鈣可增加牧草的含鈣量，提高其對牲畜的營養價值，還可增加農產品的可貯性。另外，鈣是人類食品中明顯不足的元素。施鈣對提高植物食品的含鈣量，促進人體健康也是極其重要。

(2)鎂：鎂的含量也是農產品的一個重要的品質標準。飼用牧草含鎂量不足時可導致飼養動物缺鎂症，引起動物痙攣病，人類飲食中鎂不足則會導致鎂綜合病，出現過敏、困乏、疲勞、腳冷、全身疼痛等病症。施鎂肥可提高產品的含鎂量，還能提高葉綠素、胡蘿蔔素和

碳水化合物的含量，防治人畜缺鎂症。

(3)硫：它是合成含硫氨基酸，如胱氨酸、半胱氨酸和甲硫氨酸必不可少的。缺硫會降低蛋白質的生物學價值和食用價值。

五、微量元素與品質的關係

由於許多微量元素是植物、人和動物體都必需的，因此，農產品中微量元素的含量也是重要產品品質指標。

(1)鐵：綠色葉片(如菠菜)和糧食中的鐵是人體中鐵的重要來源。缺鐵可引起貧血、腦神經系統疾病、感染性疾病和骨骼異常現象等。

(2)錳：食物和飼料中的含錳量也是重要的品質標準。施用錳肥提高維生素(如胡蘿蔔素、維生素 C)含量，防止裂籽、提高種子含油量等作用，缺錳會引起動物生長停滯、骨骼畸形、生殖機能障礙等病症。

(3)銅：銅對於提高植物產品蛋白質含量、改善品質、增加與蛋白質有關物質的含量都有積極的作用。

(4)鋅：缺鋅能使植物成熟期推遲，因而影響農產品品質；由於偏食或食物中含鋅量低常常會引起兒童食慾不振、生長發育受阻等，施鋅能增加植物產品含鋅量和產量，防治人畜缺鋅病。鋅是一種重要品質指標。

(5)硼：由於硼對植物體內碳水化合物運輸有重耍影響，因此，適量增施硼肥可提高蔗糖產量。施硼還可防止因缺硼造成的"莖裂"提高蔬菜品質。

(6)鉬：鉬又是重要的品質指標之一。缺鉬土壤上施鉬肥可增加種子的含鉬量，提高農產品的蛋白質含量，改善其品質。由於鉬能促進固氮作用，施鉬可以增加豆類作物的含氮量，因而提高蛋白質含量。

營養障礙的診斷方法

一、目識診斷法

雖然目識法的正確與否需要有豐富的經驗及敏銳的觀察力，但可由眾多人經驗中所獲得的簡則，並配合已有的營養障礙圖鑑來找出可能的缺乏或過多元素，配合上述的植體和土壤分析結果進行求證。一般目識

診斷法的研判原則可歸納如下：(表 2.1)

(1)首先觀察症狀出現在成熟葉或新葉的部位

首先出現症狀的部位與養分在植物體內的移動性有關。(例如氮、磷、鉀、硫、鎂等)移動性快的養分在作物體出現缺乏峙，會從成熟葉移向新生組織或新葉，從而在成熟葉片會首先出現不正常病狀。而鐵、硼、鈣、鋅、錳、鉬、銅移動性慢的養分，其症狀則首先在新葉上出現，因此可從病症出現在成熟葉或新葉，而瞭解可能的缺乏元素的種類。

表 2.1 礦物營養障礙目視診斷之原則

發生部位	普遍症狀		營養失調症
			<u>缺乏</u>
成熟葉和老葉	黃化	均勻黃化	氮、(硫)
		脈間黃化或呈斑點狀	鎂、(錳)
	壞疽	葉尖及葉緣組織焦枯	鉀
		脈間壞疽	鎂(錳)
幼葉葉片和葉尖	黃化	均勻黃化	鐵(硫)
		脈間黃化或呈斑點狀	鋅(錳)
	壞疽(黃化)		鈣、硼、銅
	變形(畸形)		鉬、鋅、硼
			<u>毒害</u>
老葉及成熟葉	壞疽	斑點狀壞疽	錳(硼)
		葉尖及葉緣焦枯	硼、鹽害(噴藥傷害)
	黃化、壞疽		非專一性毒害

(2)外表呈現異常特徵

每種營養元素在植物體內均有其獨特的生理功能，為其他元素所無法彌補及取代的，因此該元素的缺乏或過多部將反映在作物外觀上，所以可從外觀的異常特徵來研判造成營養障礙的元素種類。如：

①鎂、鐵、鋅、銅和錳都直接或間接和葉綠素的形成或光合作用有關係；所以這些元素缺乏時，一般作物葉片的綠色都會出現淡化褪綠、黃化、黃白化甚至白化的現象。

②磷和硼與碳水化合物的運轉有關；缺乏時，碳水化合物容易停留在葉片上而有利花青素的形成，因此莖葉會呈紫紅色。

③鈣和硼與細胞分裂及細胞膜形成有關；缺乏時，分生組織如生長點會萎縮和死亡。

④硼和開花有關；硼缺乏時，花粉、花粉管受阻，不能正常受精而出現"花而不實"的現象。

⑤鋅與生長素形成有關。鋅缺乏時，會使生長素形成不足而導致畸型小葉叢生或小果的症狀。

目視視為一快速之診斷法，但須有豐富的經驗，作為判斷的依據。同時有下列各項的困難：

(1)同一養分之缺乏在不同種類作物出現不同之症狀，例如蘋果缺鋅之一般症狀為小葉節間縮短、葉簇生等。但玉米缺鋅之症狀則為幼葉黃化，稱為白芽 (white bud)，症狀差異很大。

(2)同一症狀可能由於不同元素缺乏所引起。例如缺氮、缺硫植株常有類似之黃化現象，有混淆之可能。在果實方面：蘋果缺鈣發生之苦斑病(bitter pit)與缺硼發生之木栓斑(corky pit)外觀很難加以區別。

(3)多種元素缺乏(Multiple deficiencies)往往難以判斷。例如缺鉀之一般症狀為成熟葉片，葉緣黃化或焦枯。缺鎂症狀為葉脈間黃化。但缺鎂、缺鉀同時發生於一植株時，則複合性缺乏病徵與單一缺乏所表現之病徵則有所差異。

(4)礦物營養失調症狀可能由於環境污染或微生物所引起。例如：缺鐵黃化可能由於 Cu、Zn、Mn、Cr、Cd、Co、Ni 或 HCO_3^-過多所誘發。再者，鉀缺乏與氯過多往往有類似之病徵。一些礦物缺乏與毒素病症十分類似，因此，在診斷營養失調時，如能先檢查有無病蟲之為害，可增加目視診斷之正確性。一般來說，缺乏圖片之標準症狀往往是嚴重情況下之表現。而且作物在症狀未出現之前，生產量已受

到影響，這些都是目視診斷應用的限制。如能配合葉片分析，輔以養液供應(nutrient application)，則可增加判斷之正確性。

二、土壤及植體分析

主要對象為礦物元素缺乏症及鹽鹼害。一般將整株植物或其部分組織，或病田土壤進行化學分析，以測定其礦物元素的成分和含量，並與健康植物的正常值進行比較，即可確定病原。

作物的營養元素是否充足、缺乏或過多，可以由分析植物體內的元素含量或由其外觀病徵加以判斷。各種元素在作物體內的含量因作物種類、年齡、組織部位(根、莖、葉片、葉柄)、營養狀況、栽培環境等而異，因此欲應用植體分析診斷作物營養狀況，必須先建立該作物在特定時期、特定組織部位的元素缺乏、正常或過多之含量範圍。植物組織元素分析之方法，詳見表 2.3。台灣幾種重要經濟果樹葉片採樣方法及礦物元素暫行(表 2.4)。

表 2.3 組織礦物元素分析方法

方　　法	礦　物　元　素	速　度	敏感度
比色法	Al,B,Cu,Fe,Mn,P,Zn,NO_3,NH_4	緩慢	0.5ppm
濁度法	K,SO_4	緩慢	1.0ppm
火焰分光法	K,Na,Ca,Mg	中等	1.0ppm
原子吸收光譜分析法	Ca,Cu,Fe,K,Mn,Zn	中等	0.5ppm
感應偶合電漿-原子發射光譜分析法	Al,B,Cu,Fe,K,Mg,Mn,Na,P,Zn	快速	0.1ppm
特殊離子電極分析法	NO_3,NH_4,Cl,F	緩慢	1.0ppm

(1)葉片分析採樣方法：

- 柑桔：於八月下旬至九月上旬，採取當年生未結果之春梢自頂端算起第三至第四葉。
- 番石榴：取頂端往下數第 4-5 對剛成熟葉片。
- 芒果：於盛花期，採取最近成熟之頂稍中段葉片。

- 蓮霧：開花期八月中旬至十一月上旬，採取最近剛持熟稍段的第二對葉片中任一葉。
- 楊桃：於七至九月採取未結果枝條自頂端算起之第四至第五複葉(成熟葉)。
- 葡萄：於盛花期採取花穗對生之葉片，採下後將葉柄與葉身分別分析。
- 梨：五月下旬採取未結果之短果枝頂端算起第三、四葉。
- 枇杷：九至十月間花穗形成期間，自枝條頂端算起第六、七、八葉中任一葉。
- 香蕉：最近剛完全展開之葉為第一葉，採第一葉或第三葉，將蕉葉中段之葉片組織沿葉脈撕開取中肋兩邊之葉身合併分析或採取葉身接近中肋至葉緣方向分三等分，逐段分析。
- 鳳梨：發育完成之'D'葉(D 葉係指基部為方形之葉，通常是最高直立葉)，將 D 葉基部白色部份之 1/3 取下分析。
- 番荔枝：二期果在五至六月中旬，一期果在十二月上至中旬，採取未結果枝條自頂端算起第四或第五葉。

(2)採樣注意事項：

- 太陽升起露水剛乾時，全園循 U 字形路徑，自兩旁隨機選取生長正常之植株採樣，視果園面積大小，採取 15-50 株葉片，合計 50-100 片葉為一樣品。
- 不同品種、不同生長勢之植株需分開採樣。
- 葉片採下，放入清潔塑膠袋內，並註明姓名、品種、園址等等，並附上施肥紀錄及農藥施用記錄，當天送往分析單位，進行清洗烘乾分析。

表 2.4 本省若干果作之暫定葉片營養診斷標準

元素／果樹	氮	磷	鉀	鈣	鎂	硼	銅	鐵	錳	鋅
	(N)	(P)	(K)	(Ca)	(Mg)	(B)	(Cu)	(Fe)	(Mn)	(Zn)
	---------------------------%-----------------------------					-----------------------ppm------------------------				
柑桔類	椪柑、桶柑、柳橙 3.0-3.2									
	葡萄柚 2.9-3.1	0.12-0.18	1.4-1.7	2.5-4.5	0.26-0.50	25-150	5-16	60-120	25-200	25-100
	文旦 2.2-2.5									
葡　萄 (葉身)	2.8-3.0	0.16-0.22	0.9-1.6	1.0-2.0	0.16-0.50	30-100	5-20	70-120	25-200	26-140
梨	2.0-3.6	0.12-0.20	1.2-2.0	1.3-2.0	0.26-0.50	20-150	10-20	35-200	30-200	20-90
枇　杷	1.4-1.6	0.12-0.20	1.0-1.8	0.8-1.5	0.18-0.30 1)	—	—	—	—	—
楊　桃	1.7-2.6	0.10-0.18	1.2-1.9	1.5-2.0	0.60-1.00	—	—	—	—	—
芒　果	1.4-1.7	0.10-0.15	0.9-1.2	1.0-1.8	0.2-0.35	—	5-20	60-120	30-200	20-100
蓮　霧	1.3-1.5	0.10-0.12	1.2-1.5	1.6-2.0	0.16-0.20	38-80	—	100-150	70-120	30-50
番荔枝	一期3.0-4.0	0.18-0.22	1.4-2.0	0.2-0.7	0.34-0.86	—	5-25	40-70	200-350	15-25
	二期2.4-3.2	0.10-0.14	0.5-1.0	0.7-1.0	0.35-0.55	—	—	—	—	—

註：本表為農林廳召集各試驗場所有關人員所訂定的葉片診斷暫行標準

常見作物營養障礙及防治對策

1-(1)氮過量症狀：植株生長旺盛，新稍過多，葉色濃綠，葉片大而薄，莖葉軟弱，生殖生長延遲，抗病蟲害能力降低。

1-(2)氮過量原因：使用過量含氮化學肥料或高氮有機質肥料。

1-(3)改善方法：減（停）施氮肥，酌量提高磷、鉀肥用量。

2-(1)缺磷症狀：葉片變小，呈暗綠色，成熟遲緩，根部發育不良，根少呈褐色，葉柄可能產生花青素而呈紫紅色。

2-(2)缺磷原因：強酸性土壤(pH5.5 以下)，強鹼性土壤(pH8 以上)磷容易被固定，溫度低或土壤排水不良，土壤中過多鉀、鎂、銅及鋅。

2-(3)改善方法：調整土壤的酸鹼度，施用有機肥，磷宜深施，補充易吸態之液態磷肥(如磷酸一鉀、磷酸一銨)，加入溶磷菌。

3-(1)缺鉀症狀：老葉呈暗綠色，葉緣變褐色或壞死，降低對病蟲害抵抗力，果粒變小。

3-(2)缺鉀原因：鉀肥用量不足，粗質地土壤，缺少有機質，排水不良，土壤呈還原狀易產生硫化氫，甲烷等有害物質，致鉀吸收受阻，土壤中含過量的氮、鈣、鎂。

3-(3)改善方法：砂質地、鉀肥宜少量多施，噴施硫酸鉀 0.5%，調整土壤 pH 值。

4-(1)缺鈣症狀：新葉及新根無法正常生長，幼葉黃白化褐變致枯死，葉易縐捲，果實黑腐。

4-(2)缺鈣原因：高溫生長量大鈣無法足量吸收，酸性土壤，土壤氮、鎂、鉀施用過多，雨量少土壤乾旱。

4-(3)改善方法：調整酸性土壤，以 0.3-0.5%氯化鈣或 0.3%磷酸一鈣，適量補充土壤水分，控制氮、鉀肥施用量，施用有機肥。

5-(1)缺鎂症狀：老葉黃化，葉脈仍呈綠色，嚴重時落葉。

5-(2)缺鎂原因：坡地酸性土壤或紅壤，氮肥施用過多加速土壤酸化，結果量多。

5-(3)改善方法：改良土壤酸性，噴施 1-2%硫酸鎂，避免過量施用鉀、鈣肥，施氧化鎂每公頃 150-300 公斤。

6-(1)缺鐵症狀：新葉葉脈間呈黃白化，新生葉片小型化，新芽生長緩慢甚至停止。

6-(2)缺鐵原因：土壤呈酸鹼性或施石灰過多，鐵變為不溶性，施磷過多，錳、銅吸收過多。

6-(3)改善方法：噴施 0.1-0.5%硫酸亞鐵或 0.05%EDTA 鉗合鐵溶液，調整土壤 pH，增加鐵的活性，多施有機肥。

7-(1)缺錳症狀：新葉或老葉黃化或淡綠色，但嚴重時亦不會呈現白化。

7-(2)缺錳原因：石灰質土壤或過量施用石灰，pH 偏高，二價錳被氧化為四價錳，不利作物吸收。

7-(3)改善方法：噴施 0.25-0.5%硫酸錳，調整土壤 pH、施硫酸錳每公頃

200-400 公斤，鹼性土壤以噴施較佳。

8-(1)缺鋅症狀：新稍葉片黃化變小，但葉脈仍保持綠色。

8-(2)缺鋅原因：鹼性之砂質土壤，施過多石灰，碳酸氫根(HCO3)會抑制作物對鋅吸收，施磷肥過多，植株罹患立枯病。

8-(3)改善方法：土壤硫酸鋅每公頃 40-80 公斤或氧化鋅 30-50 公斤，噴施 0.25-0.5%硫酸鋅溶液，調整土壤 pH 值。

9-(1)缺硼症狀：頂稍生長點或新葉生長受阻，葉片白化或褐化、芽簇生，葉柄變短有裂痕或木栓化，葉片畸形、變厚、易碎或捲曲，花粉管發育受阻，造成落花、落果，果實畸形呈腫瘤狀，果皮變厚無汁。

9-(2)缺硼原因：粗質地土壤，pH 值過高，乾旱，氮、鉀肥施用過量。

9-(3)改善方法：土施硼砂每公頃 5-10 公斤，嚴重缺乏果園，每公頃 60 公斤，葉面噴施水溶性硼粉，稀釋 500 倍，於開花至幼果期噴施 3-5 次(每週一次)。